TRANSFERÊNCIA DE CALOR

Terças e Quintas de 8:00 às 10:00 hs

prof. Tania S. Klein
tania@eq.ufrj.br
Lab CFD

Aula 4

- ❖ Condução 1D Estacionária sem geração de energia
  - ❖ Casca Cilíndrica
  - ❖ Casca Esférica
  - ❖ Forma alternativa para sistemas radiais
  - ❖ Resumo de Condução 1D, Estacionária, sem geração
  - ❖ Espessura de isolamento

Exercícios do capítulo 3: 4, 7, 9, 11, 13, 15, 24, 27, 44, 46, 47, 48, 58, 62

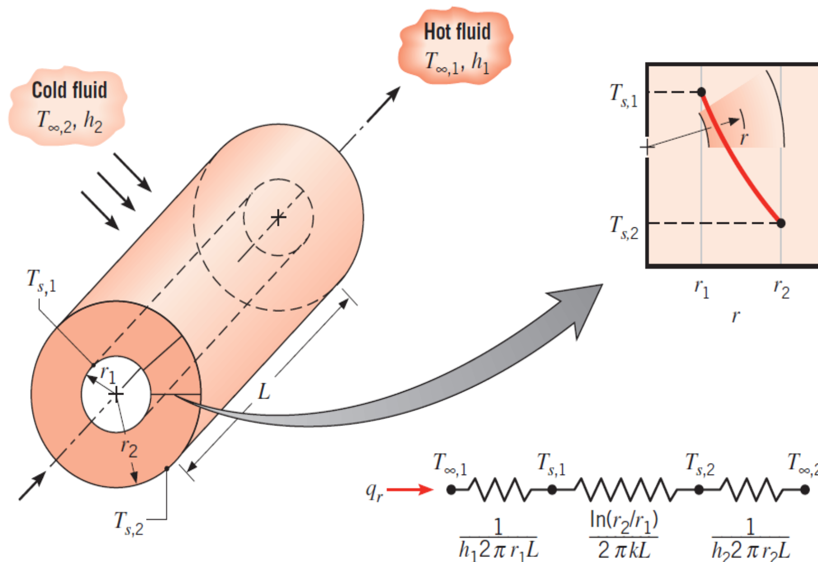
Condução 1D Estacionária com $\dot{q} = 0$

Casca Cilíndrica

$$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(kr\frac{dT}{dr}\right) = 0$$

Solução Geral:

Condições de Contorno:

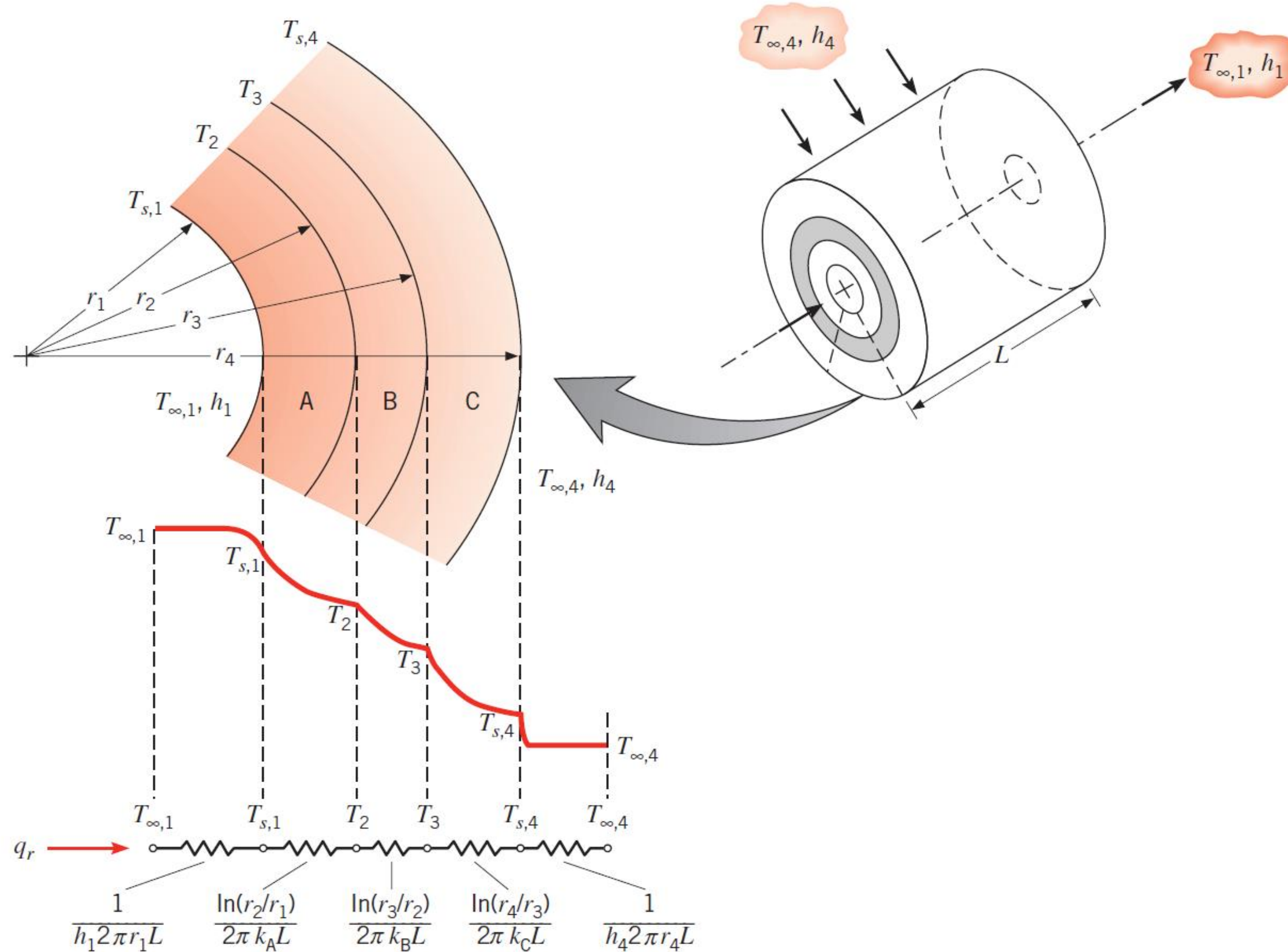


Fluxo:

Taxa:

Condução 1D Estacionária com $\dot{q} = 0$

Casca Cilíndrica – Circuito Térmico



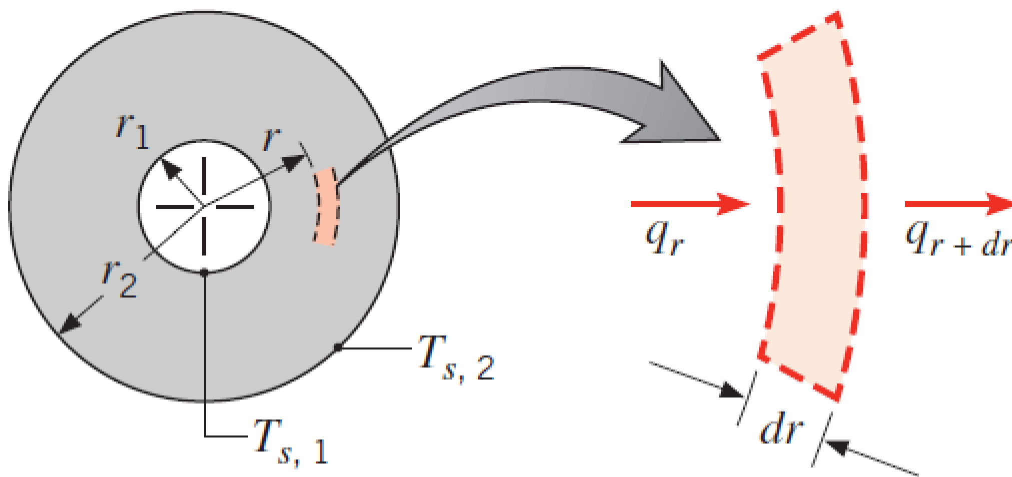
Condução 1D Estacionária com $\dot{q} = 0$

Casca Esférica

$$\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(kr^2\frac{dT}{dr}\right) = 0$$

Solução Geral:

Condições de Contorno:



Perfil de Temperatura:

Fluxo:

Taxa:

Integração da Equação da Taxa

Para cascas cilíndricas e esféricas também é possível encontrar a taxa de transferência de calor através da integração da lei de Fourier para sistemas estacionários, unidimensionais e sem geração de calor, uma vez que a mesma é constante.

$$q_r = -kA\frac{dT}{dr} = cte \;\rightarrow\; q_r \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{A(r)} dr = -\int_{T_1}^{T_2} k(T) dT$$

Casca Cilíndrica: $A = 2\pi r L$

Casca Esférica: $A = 4\pi r^2$

Condução 1D Estacionária com $\dot{q} = 0$

Resumo

	Parede Plana	Casca Cilíndrica	Casca Esférica
Equação do Calor	$\frac{d^2T}{dx^2} = 0$	$\frac{1}{r}\frac{d}{dr}\left(r\frac{dT}{dr}\right) = 0$	$\frac{1}{r^2}\frac{d}{dr}\left(r^2\frac{dT}{dr}\right) = 0$
Distribuição de Temperatura	$T_{s,1} - \Delta T\frac{x}{L}$	$T_{s,2} + \Delta T\frac{\ln(r/r_2)}{\ln(r_1/r_2)}$	$T_{s,1} - \Delta T\left[\frac{1-(r_1/r)}{1-(r_1/r_2)}\right]$
Fluxo de Calor (q")	$k\frac{\Delta T}{L}$	$\frac{k\,\Delta T}{r\ln(r_2/r_1)}$	$\frac{k\,\Delta T}{r^2[(1/r_1)-(1/r_2)]}$
Taxa de Calor (q)	$kA\frac{\Delta T}{L}$	$\frac{2\pi Lk\,\Delta T}{\ln(r_2/r_1)}$	$\frac{4\pi k\,\Delta T}{(1/r_1)-(1/r_2)}$
Resistência Térmica por Condução	$\frac{L}{kA}$	$\frac{\ln(r_2/r_1)}{2\pi Lk}$	$\frac{(1/r_1)-(1/r_2)}{4\pi k}$

$$\Delta T = T_{s,1} - T_{s,2}$$

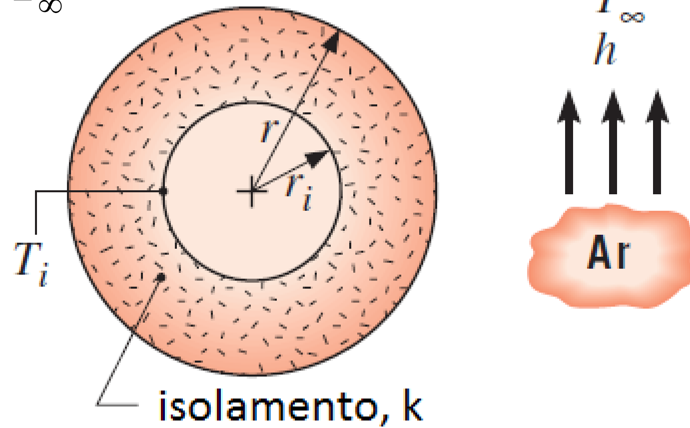
$$T_{s,1} = T(x=0)\ \ ou\ \ T(r=r_1)$$

$$T_{s,2} = T(x=L)\ \ ou\ \ T(r=r_2)$$

Condução 1D Estacionária com $\dot{q} = 0$

Espessura de Isolamento de um Tubo

$T_i < T_\infty$



Condução 1D Estacionária com $\dot{q} = 0$

Espessura de Isolamento de um Tubo – conclusões

Não há espessura ótima, há espessura mínima

Normalmente, não precisamos nos preocupar com espessura mínima:

Isolante típico: $k \approx 0{,}03\ W/mK$

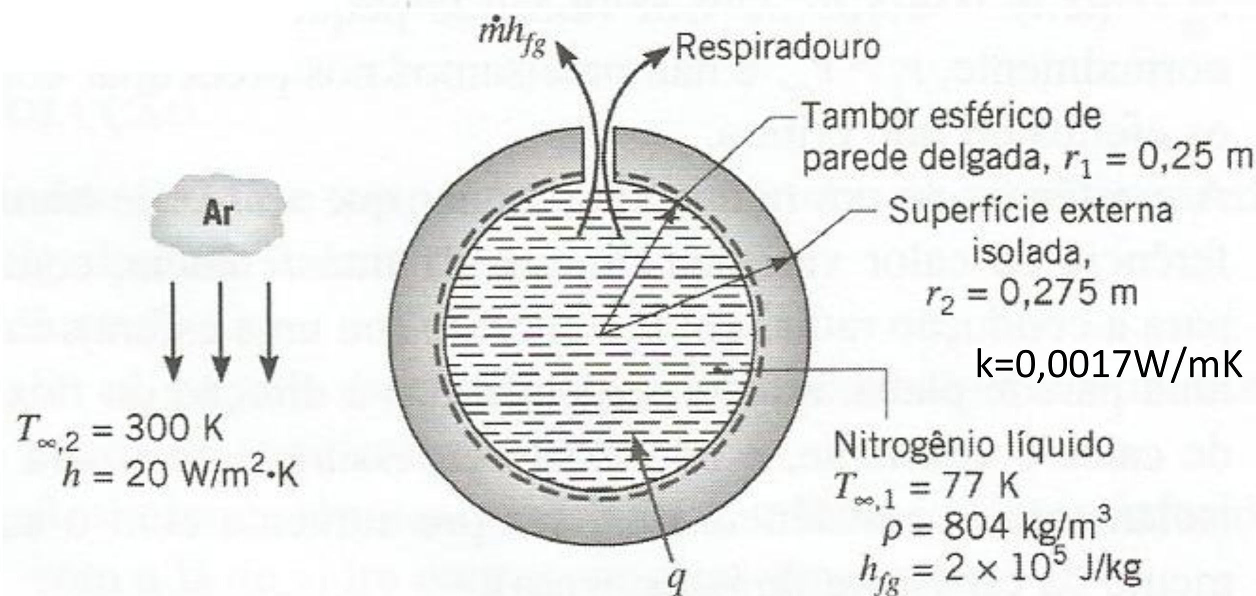
Convecção livre: $h \approx 10 W/m^2K$

No caso de isolamento de esferas: $r_c = 2k/h$

No caso de parede plana: área não varia na direção da transferência → não há raio crítico → resistência total sempre aumenta com o aumento da espessura do isolamento)

Exemplo

<u>Exercício Resolvido 3.5</u>



Considerações:

- R_{cond} na parede do tambor desprezível
- R_{conv} entre N_2 e tambor desprezível
- Radiação desprezível
- Condução 1D estacionária
- Propriedades constantes

Pede-se:

- Taxa de calor transferida para N_2
- Taxa de evaporação do N_2